

EFECTOS DE LA SIMILITUD SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL SOBRE LA TRANSFERENCIA A PARTIR DE ANÁLOGOS EN PROBLEMAS DE ALTA Y BAJA FAMILIARIDAD: PRIMEROS RESULTADOS

EFFECTS FROM SURFACE AND STRUCTURAL SIMILARITY IN ANALOGICAL TRANSFER IN HIGH AND LOW FAMILIARITY PROBLEMS: FIRST RESULTS

Carlos B. Gómez
Didáctica de las Ciencias Experimentales, Florida Universitaria

Joan Josep Solaz-Portolés
Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat de València
joan.solaz@uv.es

Vicente Sanjosé
Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat de València

RESUMEN: Se desarrollan dos estudios exploratorios para analizar el éxito en la transferencia en resolución de problemas a partir de análogos. Las diferentes analogías entre problemas «ejemplo» y «propuestos» se suponen construidas a partir de dos variables: la superficie y la estructura. Los resultados muestran que cuando los contextos de los problemas son familiares para los estudiantes, las analogías superficiales pueden ocultar las diferencias estructurales. Sin embargo, cuando los contextos de los problemas son no familiares para los estudiantes, el único efecto significativo procede de la igualdad/diferencia estructural. El efecto global de la familiaridad de los problemas es una reducción sistemática del éxito en la transferencia en problemas no familiares, sea cual sea la relación entre problema «ejemplo» y problema «propuesto».

PALABRAS CLAVE: resolución de problemas algebraicos con enunciado, transferencia, similitud superficial, similitud estructural, familiaridad con el contexto.

ABSTRACT: Two exploratory studies were conducted in order to analyze the level of success in problem-solving transfer processes. Analogies between a «source» problem and different «target» problems were established through their Surface and Structural features. Results showed that when the context of the problems is familiar for students then Surface similarities can hide Structural differences. However, when the context of the problems is not familiar for students, the only significant effect came from the equal/different Structures. «Familiarity» with the context of the problems caused a global and systematic effect: non-familiar problems achieved lower success than familiar problems, no matter the relationship between source and target problems.

KEYWORDS: algebraic word problem-solving; transfer; surface similarity; structural similarity; context familiarity

Fecha de recepción: diciembre 2010 • Aceptado: octubre 2012

Gómez Ferragud, C., Solaz, J.J. y Sanjosé, V. (2013). Efectos de la similitud superficial y estructural sobre la transferencia a partir de análogos en problemas de alta y baja familiaridad: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 31 (1), pp. 135-151

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

De acuerdo con Schroeder y Lester (1989), los currículos suelen contemplar el papel de la resolución de problemas de tres modos diferentes: 1) se enseña *para* la resolución de problemas, 2) se enseña *acerca de* la resolución de problemas y 3) se enseña *a través de* la resolución de problemas. Pues bien, si se enseña *para* la resolución de problemas, el currículo determina los problemas que deben saber resolverse (Cerdán, 2007, p. 2). En tal caso, el procedimiento didáctico habitual para enseñar a resolver problemas académicos se basa en la transferencia (*transfer*): se resuelve un conjunto de problemas y se pide luego a los estudiantes que resuelvan problemas similares. Los profesores esperan que los estudiantes detecten con facilidad la similitud entre los nuevos problemas y los resuelvan con éxito (Oliva, 2004). Esta esperanza está basada en una de dos suposiciones, al menos:

1. De los problemas-ejemplo estudiados, y merced a algún tipo de similitud entre ellos, los estudiantes serán capaces de abstraer «esquemas de problema», es decir, representaciones mentales comunes a varios problemas y, por tanto, de un nivel de generalidad y abstracción superior a cada uno de los problemas particulares (Loewenstein, Thompson y Gentner, 1999; Gick y Holyoak, 1983). Después, ante un nuevo problema, determinados rasgos o características de este deberían activar alguno de los «esquemas de problema» almacenados en la memoria a largo plazo (MLP). Aplicar el esquema rescatado de la memoria a largo plazo a la resolución del nuevo problema significa reconocer ese nuevo problema como un ejemplo particular adicional (particularización) de ese esquema. Cuanto más generales sean los «esquemas de problema» contruidos, más fácil será la transferencia a problemas nuevos (Jonassen, 2003).
2. Alguno de los rasgos o características del nuevo problema activará uno o más problemas ya aprendidos y almacenados en la MLP que se consideran «análogos» (Goldstone y Sakamoto, 2003; Barnett y Ceci, 2002); el estudiante simplemente deberá aplicar el procedimiento de resolución de los problemas «análogos» ya conocidos al nuevo problema, *mutatis mutandis*. Este supuesto no requiere una abstracción-generalización previa. Los problemas ya conocidos que se toman como ejemplo se suelen denominar «problemas fuente» y se diferencian de los «problemas diana», que son los problemas nuevos que se deben resolver.

Sin entrar a analizar ambos supuestos de transferencia, conviene notar que los dos implican que el sujeto resolutor es capaz de construir analogías entre problemas (bien para poder construir esquemas de problema, bien para activar un problema adecuado que sirva como ejemplo) de modo que pueda reconocer similitudes y diferencias entre cada par de problemas (Gentner, 1983; Lobato, 2003). La analogía entre diferentes problemas se construye identificando los mismos «rasgos» en ellos (Hesse, 1966; Tversky, 1977). Los rasgos identificados en los problemas con enunciado pueden referirse a características perceptibles de los objetos y eventos del mundo real, o a entidades abstractas como el «espacio del problema» (Newell y Simon, 1972), las ecuaciones, reglas o leyes, etc. El conjunto de rasgos perceptibles en una situación problemática del mundo real, que involucra objetos y hechos en términos concretos (es decir, no abstractos), se denomina «superficie» (o también «historia» o «contexto») del problema. Los conceptos matemáticos o científicos, las leyes, principios, las relaciones entre cantidades, las ecuaciones, etc., constituyen la «estructura» del problema (Holyoak y Koh, 1987; Holyoak, 1984). La mayor parte de los problemas académicos de ciencias que se proponen y resuelven en las aulas tienen una estructura algebraica, determinada por «el modo en que las cantidades se relacionan unas con otras, más que por las propias cantidades» (Novick, 1988; p. 511; traducción de los autores). Así pues, en problemas algebraicos, las ecuaciones (su forma matemática y su significado) resumen la estructura del problema.

La analogía entre problemas puede, entonces, construirse en términos de su similitud superficial y/o estructural (Holyoak, 1984). Reed (1987) propuso una nomenclatura para las relaciones entre problemas que parece conveniente para nuestros propósitos por su sencillez (tabla 1):

Tabla 1.
Relaciones entre problemas en términos de la similitud
o diferencia de sus superficies y estructuras

		Superficie	
		<i>Igual</i>	<i>Diferente</i>
<i>Estructura</i>	<i>Igual</i>	Equivalentes	Isomorfos
	<i>Diferente</i>	Similares	Diferentes

El éxito en la resolución de problemas por transferencia se basa en reconocer problemas «isomorfos» como «problemas fuente» adecuados, y diferenciarlos claramente de los problemas «similares», que son inadecuados como «fuente», lo que implica filtrar y rechazar detalles irrelevantes, asociados a la superficie del problema (Hummel y Holyoak, 1997; Forbus et al., 1995). Sin embargo, la instrucción en muchas disciplinas, como por ejemplo las ciencias, se suele organizar en torno a temáticas (por ejemplo, cinemática, calor y temperatura o electricidad) y no en torno a relaciones abstractas intratemáticas (por ejemplo, relaciones causa-efecto lineales, del tipo causa = propiedad característica x efecto). Entonces, incluso dentro de un mismo dominio temático, el transfer entre problemas de estructura diferente puede resultar difícil (Rebello et al., 2007; Reed, Dempster y Ettinger, 1985).

En este trabajo estudiamos con cierto detalle el éxito en la resolución de problemas («problemas diana») basado en el establecimiento de analogías con problemas ejemplo («problemas fuente»). Para simplificar el diseño, intentamos fijar los modos en que esas analogías pueden establecerse: seleccionamos el problema fuente particular que los estudiantes deben considerar como análogo (al menos, en primera instancia) para resolver el problema diana. Consideraremos las diferentes relaciones que pueden darse entre un problema fuente dado y un problema diana, dadas por la tabla 1. Concentraremos la atención en problemas algebraicos cuya estructura se concreta en un sistema de dos ecuaciones lineales, habituales en una amplia variedad de temas de secundaria.

Adicionalmente, analizaremos el efecto que la «familiaridad» con el contexto temático de los problemas tiene sobre el establecimiento de esas relaciones estructurales entre problemas fuente y diana. Este es uno de los factores contemplados por Jonassen (2000) en su modelo de resolución de problemas. Llamaremos «familiaridad» con un problema al nivel de conocimiento experiencial, ordinario, procedente de la vida diaria, que un sujeto resolutor tiene de los objetos y eventos narrados en el enunciado del problema. Los estudiantes suelen acumular experiencia vivida asociada con las superficies de muchos problemas, bastante antes de poder adquirir pericia en resolverlos. Por ejemplo, un estudiante puede estar familiarizado con el dinero, el ahorro, el gasto, los bancos y los intereses..., mucho antes de poder considerarse un experto en problemas académicos de crecimiento o decrecimiento lineal. La «familiaridad» implica, por tanto, una interacción entre el conocimiento ordinario del sujeto y la superficie del problema. Una alta familiaridad con el enunciado de un problema significa que el sujeto puede fácilmente representar en su mente las situaciones, los objetos y los eventos narrados en el enunciado. En términos de Kintsch y van Dijk (1978), en una situación de alta familiaridad el sujeto puede construir una buena representación mental «modelo de la situación», de carácter concreto (por oposición a abstracto). Sin embargo, lo que se entiende por «pericia» implica la capacidad para construir una representación mental «modelo del problema» (Greeno y Kintsch, 1985), de carácter matemático.

En este trabajo presentamos dos estudios exploratorios coordinados. El primero se destinó a obtener datos sobre transferencia entre problemas con diferente tipo de similitud superficial y estructural. En este estudio se usaron problemas con alta familiaridad para los estudiantes (piscinas que se llenan o vacían y cuentas corrientes que incrementan o menguan su saldo). En el segundo estudio se replicó el estudio con problemas cuyos enunciados tenían baja familiaridad para los estudiantes al corresponder a temáticas científicas no estudiadas previamente (objetos que se dilatan o contraen al calentarlos o enfriarlos y temperaturas que se incrementan o disminuyen al aceptar o transferir energía en forma de calor). Finalmente, el análisis conjunto de ambos grupos de datos permitió visualizar el efecto de la familiaridad de los problemas. En los dos estudios se distinguen dos fases en la transferencia a partir de análogos: la percepción inicial de la analogía «fuente-diana» y la transferencia de ecuaciones para resolver cada problema diana.

HIPÓTESIS

- H1. En el momento o fase inicial de comprensión del problema (Newell y Simon, 1972), antes de la resolución propiamente dicha, el problema fuente será percibido como un análogo más adecuado (es decir, de menor ayuda) para resolver los problemas diana que presenten estructura igual a la de aquel problema («equivalente» e «isomorfo»). Es decir, esperamos que los estudiantes sean capaces de diferenciar los rasgos superficiales de los estructurales a la hora de comenzar a construir la analogía entre el problema fuente y cada problema diana.
- H2. Una vez establecida la analogía estructural con el problema fuente, los estudiantes podrán transferir fácilmente las ecuaciones usadas para resolver el problema fuente al caso de los problemas diana con igual estructura. Por tanto, ya en la fase de resolución propiamente dicha, los problemas diana con estructura igual a la del problema fuente serán los que mayor éxito obtengan en el planteamiento de las ecuaciones correctas para resolverlos.
- H3. En contextos de baja familiaridad, tanto la ayuda percibida del problema fuente como el éxito en el planteamiento de las ecuaciones serán menores que en contextos de alta familiaridad de los problemas. Comprender un enunciado implica construir la representación mental «modelo de la situación» (Kintsch y van Dijk, 1978; Kintsch, 1998) y luego la representación «modelo del problema» o «modelo abstracto» (Greeno y Kintsch, 1985; Greeno, 1989). Una baja familiaridad con las entidades presentes en los enunciados de los problemas fuente y diana puede dificultar la construcción de la primera de ellas, de carácter concreto (no abstracto), y, con ello, impedir la segunda de ellas (abstracta, que incluye la estructura de los problemas). El paso de una representación concreta a la abstracta involucra el llamado «proceso de traducción», para el que se han sugerido procedimientos didácticos que lo facilitan (Sanjosé, Solaz y Valenzuela, 2009).

MÉTODO

Sujetos

Los sujetos participantes en este experimento pertenecen a 4 centros de la provincia de Valencia, situados en ciudades de más de 10.000 habitantes y en entornos socioculturales medios. Todos ellos se encontraban en el mismo nivel de estudios, 4.º de ESO, con la opción de Física y Química, y pertenecían a 4 grupos naturales en esos centros. Obtuvimos datos completos y fiables de un total de 49 estudiantes. De ellos, 28 participantes se asignaron a la condición «alta familiaridad» (el estudio 1).

Los 21 restantes participaron en el estudio 2 y se asignaron a la condición de «baja familiaridad». Cada nivel de familiaridad se asignó a dos grupos al azar.

Aunque se trató de una muestra de conveniencia, disponible para el experimento, *a priori* no presenta ningún rasgo distintivo del resto de la población de estudiantes de secundaria del mismo nivel sociocultural.

Diseño y materiales

Se estudió si los estudiantes reunían o no los conocimientos indispensables para poder comprender los problemas usados luego en la prueba de transferencia. Esta prueba consistió en 5 cuestiones cuya respuesta exige plantear una ecuación lineal. Se ofrecían 3 respuestas, una de ellas la correcta. Todos los estudiantes participantes obtuvieron 3 puntos o más en este test.

Para activar los conocimientos previos sobre ecuaciones lineales se preparó un material que recogió los conceptos, procedimientos principales, así como diversos ejemplos resueltos. El tema ya había sido tratado en la asignatura de Matemáticas, de modo que solo se trató de rescatar de la memoria a largo plazo los conocimientos importantes para la prueba de transferencia que se iba a realizar después.

Para la prueba de transferencia, se confeccionó un cuadernillo que contenía un problema-ejemplo (problema «fuente») total y detalladamente resuelto y explicado, y otros cuatro problemas que se debían resolver (problemas «diana»). Los 4 problemas «diana» se relacionaron con el «fuente» de los 4 modos distintos que indica la tabla 1, y serán denominados en lo sucesivo como problema diana equivalente (misma superficie y misma estructura que el fuente), isomorfo (distinta superficie y misma estructura que el fuente), similar (misma superficie y diferente estructura que el fuente) y diferente (distinta superficie y distinta estructura que el fuente). Para diseñar estos 1+4 problemas se utilizó un diseño 2 x 2 (2 superficies diferentes y 2 estructuras diferentes), como muestra la tabla 2. Como se ha dicho antes, las superficies consideradas fueron, en el estudio 1, «llenado/vaciado de piscinas» y «aumento/disminución de ahorros en cuentas corrientes». En el estudio 2, las superficies fueron «dilatación/contracción de longitudes debido a aumento/disminución de la temperatura» y «aumento/disminución de temperatura debido a absorción/cesión de calor». Las estructuras consideradas fueron dos rectas que se cortan con pendientes del mismo signo y dos rectas que se cortan con pendientes de diferente signo. En lo que sigue, nos referiremos a estas estructuras como «alcanzar» (A) y «encontrar» (E) respectivamente, por analogía con los clásicos problemas de dos móviles en cinemática (bien uno alcanza al otro, bien uno se encuentra con el otro).

Tabla 2.
Superficies y estructuras usados en los estudios 1 y 2 para los problemas fuente y dianas

Fuente: Piscinas/alcanzar (Fuente: Dilatación/alcanzar)	Superficie: Piscinas (Dilatación)	Superficie: Ahorros (Calor y temperatura)
Estructura: Alcanzar	Equivalente	Isomorfo
Estructura: Encontrar	Similar	Diferente

Una vez definido el problema fuente a partir de una de las dos superficies y una de las dos estructuras, cada uno de los problemas diana quedó totalmente determinado también. Los enunciados de los problemas se recogen en el anexo.

Variables y medidas

En ambos estudios, los factores independientes son la superficie y la estructura de los problemas diana, cada uno con 2 valores, igual/diferente al problema fuente. En el análisis conjunto final, la familiaridad de los enunciados (alta/baja) fue el factor independiente.

En cada uno de los 4 problemas diana propuestos los estudiantes debían realizar varias tareas, que asociamos a variables dependientes diferentes:

Indicar el grado de ayuda que percibían del problema fuente. Se utilizó una escala Likert con cinco niveles: «mucha, bastante, algo, poco, nada». Esta variable pretendió medir la percepción inicial de la analogía entre cada problema diana y el problema fuente. Cuando fue necesario, se asignó valor 1 al nivel asociado con «mucha» y valor 5 a «nada».

Elegir, entre tres sistemas de ecuaciones lineales, el correcto para resolver cada problema fuente (solo una opción era correcta). Esta variable está asociada con la fase de aplicación de la transferencia, una vez acabada la construcción de la analogía entre el problema «diana» y el «fuente». Fue valorada como «correcta» o «incorrecta».

Procedimiento

En cada estudio utilizamos dos sesiones de unos 50 minutos cada una. En la primera sesión explicamos la finalidad de la tarea que llevarían a cabo y se detalló el material didáctico para activar los conocimientos ya estudiados. En la segunda sesión realizamos la prueba de «transfer».

En estos estudios iniciales, la posible significación de las relaciones entre variables fue analizada mediante diferentes pruebas estadísticas: ANOVA, t-Student, Q-Cochran, W-Wilcoxon. A pesar de que nuestras medidas no son de intervalo y del pequeño tamaño de las muestras en los estudios 1 y 2, ANOVA fue empleado para estudiar el efecto conjunto de dos o más factores. Debido a la robustez de este estadístico, se supuso que la discriminación entre efectos significativos y no significativos sería fiable. Se usó el paquete SPSS 17.0 para los cálculos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio 1 (familiaridad alta)

Percepción de ayuda procedente del problema fuente

La tabla 3 muestra los promedios (y desviaciones típicas) obtenidos. En este estudio, la ayuda percibida es alta (recordemos que valor 1 = «mucha ayuda» y que el valor 5 = «ninguna ayuda») en todos los casos, con algunas diferencias entre problemas:

Tabla 3.
Familiaridad alta. Promedios (desviación típica) de la percepción de ayuda procedente del problema fuente a la hora de abordar cada problema diana

<i>Problema diana</i>	<i>Equivalente</i>	<i>Similar</i>	<i>Isomorfo</i>	<i>Diferente</i>
Media (DT)	1,82 (.72)	1,86 (.71)	1,36 (.56)	2,07 (.81)

Un ANOVA de medidas repetidas 2 x 2 con los factores superficie (igual/diferente al fuente) y estructura (igual/diferente al fuente) como factores intra-sujetos indica que el factor estructura es significativo ($F(1,27) = 9,83$; $p = ,004$), es decir, en los problemas diana con igual estructura al fuente

(«equivalente» + «isomorfo») se percibe mayor ayuda del problema fuente. El factor superficie no es significativo ($p > ,05$).

La interacción superficie x estructura sí es significativa ($F(1,27) = 13,33$; $p = ,001$) debido a que los estudiantes parecen reconocer de forma especial esta ayuda en el problema diana «isomorfo». A pesar de que las analogías estructurales con el problema fuente son las mismas en los problemas «equivalente» e «isomorfo», los estudiantes perciben más ayuda en el segundo de ellos. Este es un efecto no esperado y que necesita posterior estudio para ver si se replica o es un efecto de variables extrañas al diseño.

Elección de ecuaciones correctas

La tabla 4 recoge las proporciones de acierto en la elección de ecuaciones.

Tabla 4.
Familiaridad alta. Proporciones (desviación típica) de acierto
en la selección de ecuaciones en cada problema diana

<i>Problema diana</i>	<i>Equivalente</i>	<i>Similar</i>	<i>Isomorfo</i>	<i>Diferente</i>
Media (DT)	,96 (.19)	,68 (.48)	,89 (.32)	,89 (.32)

Contrariamente a lo esperado (H2), el factor estructura no es significativo (test Wilcoxon, $Z = -1,628$; $p = ,103$). Sin embargo, hay un efecto interesante: el bajo nivel de éxito en el problema «similar», significativamente menor al del resto de problemas diana (Q Cochran = 11,37; $p = ,010$). Es decir, se produce una interacción entre los factores superficie y estructura que hace más difícil de plantear el problema similar que el diferente. La figura 1 muestra este efecto de interacción.

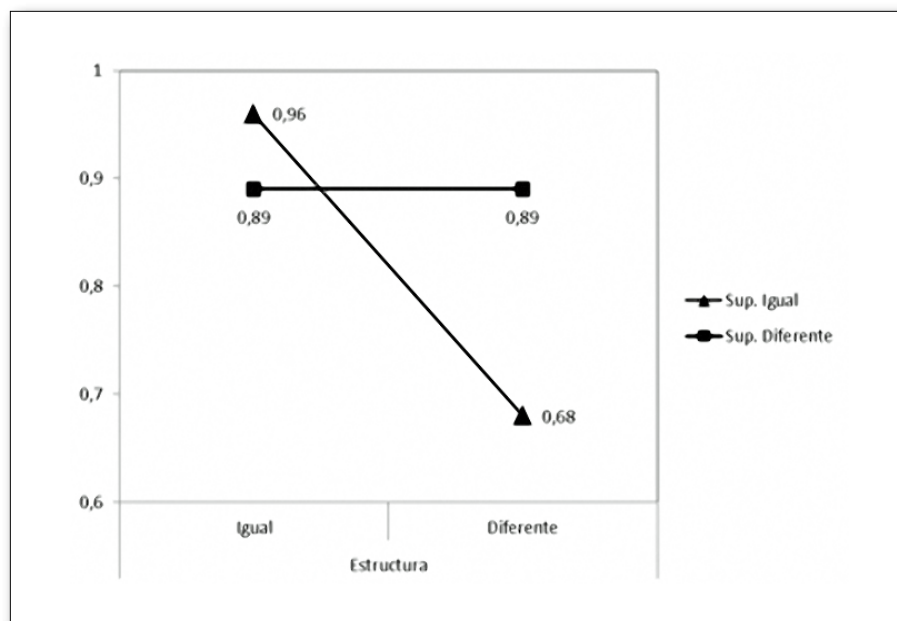


Figura 1. Familiaridad alta. Efecto de interacción superficie x estructura en la elección del sistema de ecuaciones correctas: el problema «similar» alcanza significativamente menor proporción de éxito que el resto.

Esta interacción parece apuntar a un efecto de «apantallamiento» de las diferencias importantes, estructurales, causado por las similitudes superficiales.

Estudio 2 (familiaridad baja)

Percepción de ayuda procedente del problema fuente

La tabla 5 recoge los promedios (DT) obtenidos:

Tabla 5.

Familiaridad baja. Promedios (desviación típica) de la percepción de ayuda procedente del problema fuente a la hora de abordar cada problema diana

<i>Problema diana</i>	<i>Equivalente</i>	<i>Similar</i>	<i>Isomorfo</i>	<i>Diferente</i>
Media (DT)	2,24 (1,14)	2,71 (1,06)	2,52 (1,08)	3,33 (1,07)

El ANOVA de medidas repetidas 2 x 2 (superficie x estructura) indica que tanto el factor superficie ($F(1,20) = 5,95$; $p = ,024$) como el factor estructura ($F(1,20) = 8,24$; $p = ,009$) son significativos, pero no la interacción entre ellos. Los dos problemas de diferente estructura al fuente alcanzan un valor conjunto mayor (ayuda menor) que los de la misma estructura, tal como se esperaba (H1). El efecto principal del factor superficie indica que se percibe menos ayuda en los problemas con diferente superficie que el problema fuente. Este efecto significativo no se obtuvo en el caso de familiaridad alta. Las diferencias superficiales entre problemas se convierten en un obstáculo cuando la familiaridad temática de los problemas es baja.

Elección de ecuaciones correctas

La tabla 6 recoge las proporciones de acierto en la elección de ecuaciones para cada problema diana.

Tabla 6.

Familiaridad baja. Proporciones (desviación típica) de acierto en la selección de ecuaciones en cada problema diana

<i>Problema diana</i>	<i>Equivalente</i>	<i>Similar</i>	<i>Isomorfo</i>	<i>Diferente</i>
Media (DT)	,81 (,40)	,57 (,51)	,81 (,40)	,67 (,48)

En este caso, se revela el efecto de la estructura (test de Wilcoxon, $Z = -2,126$; $p = ,033$), lo cual significa que los dos problemas diana con estructura distinta al fuente («similar» + «diferente») alcanzan un éxito significativamente menor que los dos problemas con igual estructura al fuente («equivalente» + «isomorfo»). El resto de contribuciones no alcanzan significación estadística. No hay diferencias individuales entre los 4 problemas diana ($Q = 5,684$; $p = ,128$).

Análisis conjunto: efectos del factor familiaridad

Percepción de ayuda procedente del problema fuente

La figura 2 muestra los resultados para los 4 problemas diana en ambos niveles de familiaridad. El análisis del conjunto de mediante un ANOVA mixto con superficie y estructura del problema como factores intra-sujetos y familiaridad del enunciado como variable entre-sujetos pone de manifiesto

un efecto principal significativo de la familiaridad ($F(1,47) = 25,27$; $p < ,001$), lo que indica que los estudiantes perciben significativamente menos ayuda del problema fuente cuando los enunciados pertenecen a contextos poco familiares para ellos.

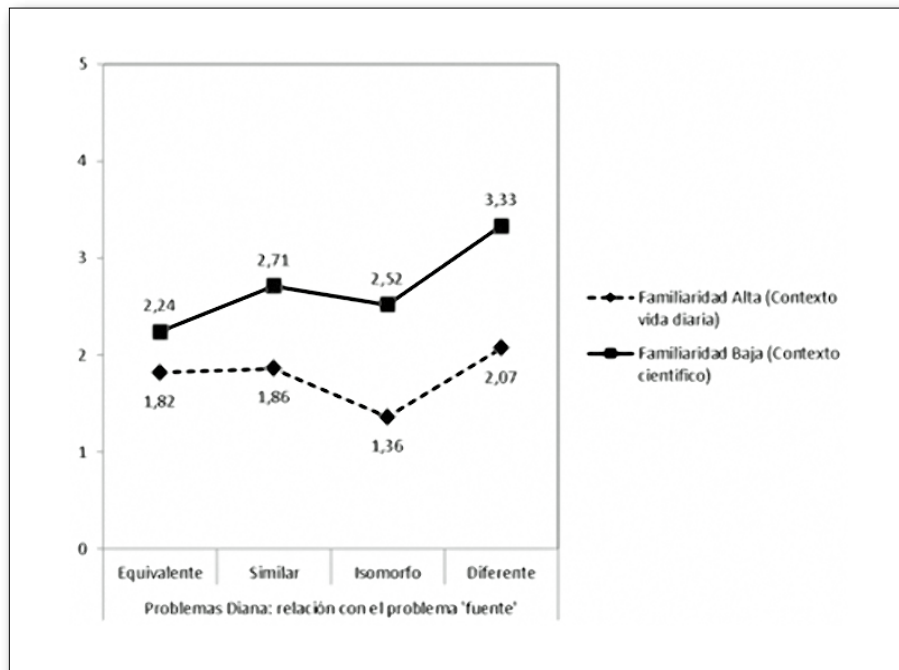


Figura 2. Percepción de ayuda del problema fuente en cada problema diana (1 = «muchacha ayuda»; 5 = «ninguna ayuda»).

El efecto principal conjunto del factor estructura es significativo ($F(1,47) = 18,327$; $p < ,001$), de acuerdo con la hipótesis H1. La interacción superficie x estructura alcanza significación ($F(1,47) = 8,65$; $p = ,005$) debido a que en el problema «diferente» la ayuda del «fuente» se percibe significativamente menor que en el resto en ambos niveles de familiaridad.

Elección de ecuaciones correctas

La figura 3 refleja la proporción de acierto en la elección del sistema de ecuaciones en función de la estructura, superficie y familiaridad del problema diana. Lo más destacable es que los resultados para los problemas diana en la condición baja familiaridad son sistemáticamente peores que los obtenidos para los problemas diana en la condición alta familiaridad. El factor familiaridad no alcanza significatividad, seguramente debido al tamaño reducido de la muestra, ya que la significación queda muy cercana al límite admitido ($t(31,9) = 1,853$, g.l. corregidos por varianzas no iguales, $p = 0,07$). El efecto principal de la estructura igual/diferente al problema fuente es significativo en este estudio conjunto ($Z = -2,583$; $p = ,01$). El efecto de la superficie no es significativo.

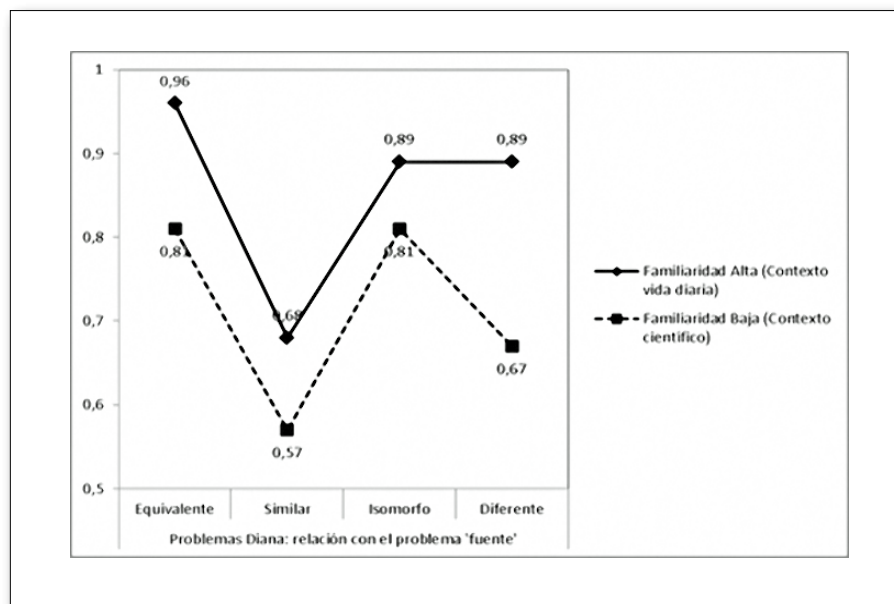


Figura 3. Proporciones de éxito en la elección del sistema de ecuaciones para resolver cada uno de los problemas diana en ambas condiciones de familiaridad.

Hay una diferencia significativa entre los 4 problemas ($Q = 13,481$; $p = ,004$) debido a la menor proporción de éxito de los problemas «similares» en comparación con el resto de problemas diana. En la condición de alta familiaridad, la diferencia es muy apreciable. En la condición de baja familiaridad, el resultado es parecido al obtenido en el problema «diferente» y peor que el de los otros dos problemas diana.

CONCLUSIONES

Nuestra hipótesis 1 hacía referencia a la percepción de ayuda del problema fuente suministrado para poder resolver cada problema diana. Los resultados de ambos estudios por separado, así como del estudio conjunto de todos los datos, apoyan la hipótesis 1, ya que en los problemas «diana» con igual estructura al «fuente» (problemas «equivalente» e «isomorfo») se percibe mayor ayuda del problema fuente que en los problemas con diferente estructura a la del fuente (problemas «similar» y «diferente»). Tal como se esperaba, resulta más fácil detectar analogías a nivel abstracto, estructural, cuando los problemas fuente y diana comparten los rasgos apropiados, algebraicos en este caso, con independencia de que el contexto temático de los problemas sea de alta o de baja familiaridad para los estudiantes.

A la hora de plantear las ecuaciones que debe resolver cada problema diana, el efecto principal de la estructura igual/diferente al problema fuente es significativo cuando se analizan los datos de ambos estudios conjuntamente. Ello apoya nuestra hipótesis 2. El efecto de la superficie no es significativo.

El análisis del estudio 1 por separado revela un efecto interesante de interacción superficie x estructura que se manifiesta en el problema diana «similar» en forma de un nivel de éxito demasiado bajo en el planteamiento del sistema de ecuaciones. Este resultado sugiere un «apantallamiento» de las diferencias estructurales cuando las superficies de los problemas son iguales. En general, los rasgos superficiales de los objetos y eventos del mundo real son más fáciles de detectar que las características abstractas. Quiere esto decir que las entidades de la superficie de los problemas son más eficientes activando ejemplos conocidos de la memoria a largo plazo (que actúan como problemas fuente) que las

entidades abstractas de la estructura (Reeves y Weisberg, 1994). Entonces, si un conjunto de problemas presenta similitudes superficiales, sus diferencias estructurales podrían quedar «apantalladas» por esta similitud fácilmente perceptible para los estudiantes. De hecho, Chi et al. (1981) encontraron este efecto en sujetos novatos a la hora de tomar un criterio para clasificar problemas de física: los novatos utilizaron mayormente rasgos superficiales (de objetos como planos inclinados o poleas, o de eventos como movimiento circular o rectilíneo) para agrupar problemas, mientras que los expertos utilizan rasgos estructurales (leyes y principios de la física).

La pericia (*expertise*) está basada en la interacción entre el conocimiento del sujeto y la estructura de los problemas: una gran pericia implica una gran experiencia vivida asociada con determinadas estructuras de problemas (quizá en determinados contextos temáticos). La adquisición de la pericia necesaria para encontrar relaciones estructurales con independencia de los objetos y eventos particulares no es sencilla. En resolución de problemas algebraicos se conoce una amplia variedad de situaciones en las que los estudiantes parecen haber abstraído un «esquema de problema» a partir de muchos ejemplos resueltos, pero luego tienden a abusar de ella aplicándola erróneamente a problemas con diferente estructura (Van Dooren et al., 2006). En el caso de relaciones lineales, este fenómeno es especialmente conocido y resulta habitual referirse a él como «ilusión de linealidad». Freudenthal (1983, p. 267) lo formuló como sigue: «la linealidad es una propiedad de las relaciones tan sugestiva que uno se siente inclinado a caer en la seducción de tratar cada relación numérica como si fuese lineal».

En cuanto al efecto particular sobre el éxito en el tránsito del factor familiaridad, los datos muestran que los estudiantes perciben significativamente menos ayuda del problema fuente cuando los enunciados pertenecen a contextos poco familiares para ellos. Los resultados para los problemas diana en la condición baja familiaridad son sistemáticamente peores que los obtenidos para los problemas diana en la condición alta familiaridad. Este resultado, junto con el hecho de que la superficie tenga efecto significativo cuando la familiaridad es baja, pero no cuando es alta, indica que los estudiantes tienen dificultades para construir la representación modelo de la situación. Esta dificultad en construir la representación de carácter concreto, asociado al mundo real, puede conducir a obstáculos en la construcción de la representación abstracta del problema, necesaria para resolverlo algebraicamente.

Sin embargo, el factor familiaridad no alcanza significatividad, seguramente debido al tamaño reducido de la muestra, por lo cual este resultado debe ser replicado en futuros estudios.

Implicaciones didácticas

La transferencia en el aprendizaje ha sido recientemente reconceptualizada en función de las nuevas necesidades que los productos tecnológicos traen consigo. El vector de cambio tiene su punto de aplicación en la concepción «*just-in-case*», típica escolar —en la que el alumno recibe una cantidad de conocimientos con la esperanza de que en algún momento le puedan ser de utilidad—, y apunta hacia la concepción «*just-in-time*» —que permite actualizar los conocimientos en el momento preciso en el que se necesiten—. El proceso de enseñanza se dedica a diseñar (definir) objetos (contenidos) cuyo aprendizaje pueda ser útil en diferentes contextos junto a otros contenidos, y a diseñar también el modo en que diferentes contenidos pueden «ensamblarse» para dar solución a problemas. Surge así el concepto de «objeto de aprendizaje reutilizable y ensamblable» (Wiley, 2000; Santacruz, 2005), entroncado directamente con los procesos de transferencia del aprendizaje.

En esta visión, nuestra investigación intenta arrojar luz sobre los factores que ayudan o entorpecen la delimitación y el «ensamblaje» de «objetos algebraicos reutilizables». Es evidente que dos experimentos realizados con muestras de conveniencia no permiten extraer consecuencias generales, pero nos atrevemos a subrayar, al menos, algunos aspectos que nuestros estudios sugieren y que deben ser atendidos en futuras repeticiones y estudios.

El primero, y que resulta más evidente, es que la transferencia analógica en la resolución de problemas implica variables de los problemas y de los estudiantes, y también procesos cognitivos que nos pueden hacer entender las dificultades que muestran los estudiantes para llevarla a cabo y que la mayoría del profesorado desconoce. La superficie de los problemas (los objetos y eventos del mundo ordinario implicados) y su estructura (relaciones entre las cantidades) son dos variables que se revelan útiles para analizar con detalle la construcción de analogías que facilitan o impiden el tránsito. El establecimiento de analogías superficiales o estructurales es un proceso cognitivo que puede ser estudiado experimentalmente manipulando estas dos variables.

El segundo aspecto hace referencia a la familiaridad del contexto del enunciado del problema. Es fundamental que a la hora de abordar la resolución de problemas en el aula los estudiantes conozcan previamente los conceptos implicados, así como las situaciones o fenómenos en los que intervienen. Así pues, parece que cualquier intento de transferencia de conocimientos en problemas cuyos conceptos y situaciones en los que se aplican sean desconocidos para los estudiantes puede resultar baldío. La explicación puede encontrarse en la necesidad de construir la representación mental «modelo de la situación», referida a los objetos y eventos del mundo ordinario, antes de poder construir el «modelo del problema», matemático y abstracto, que incluye la estructura. Cuando la familiaridad es baja, la construcción de la primera representación mental se dificulta y, con ello, la construcción de la segunda, necesaria para resolver el problema con éxito. Si un problema tiene la misma estructura que otro, pero su superficie resulta poco familiar para el estudiante, pueden aparecer dificultades añadidas para la transferencia.

El tercero hace referencia al conocimiento esquemático de problemas. A los estudiantes se les ha de instruir sobre los distintos conocimientos necesarios para resolver problemas (Solaz-Portolés y Sanjosé, 2008), en especial en el conocimiento esquemático o de esquemas de problemas (Friege y Lind, 2006). Este conocimiento posibilita poder distinguir claramente entre la superficie y la estructura del enunciado de un problema, que como hemos observado es fundamental para efectuar una transferencia adecuada y para evitar efectos indeseables sobre esta, como por ejemplo, que la información sobre la superficie del enunciado de un problema pueda apantallar la información sobre la estructura de un problema. Este efecto de «apantallamiento» cuando los contextos son familiares al alumno debe recordar a los profesores que las analogías superficiales son mucho más fáciles de detectar que las analogías estructurales, y los estudiantes pueden sentirse tentados a destinar recursos cognitivos a las primeras. No todos los estudiantes manifiestan un estilo cognitivo «independiente de campo» (Witkin et al., 1977; Tsaparlis y Angelopoulos, 2000), con lo cual tendrán dificultades para no atender a los rasgos superficiales y atender únicamente a los estructurales. El trabajo didáctico destinado a desarrollar la destreza de relegar los detalles irrelevantes y atender a la información crucial no es suficientemente atendido, porque pasa desapercibido: muchos profesores asumen, de forma más o menos inconsciente, que detectar la semejanza estructural de dos problemas isomorfos es trivial, pero no lo es (Oliva, 2004). Precisamente, nuestros estudios prueban que el éxito en el tránsito depende fuertemente del establecimiento de analogías entre problemas, pero que el proceso de construcción de esas analogías no está exento de obstáculos didácticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNETT, S.M. y CECI, S.J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), pp. 612-637.
- CERDÁN, F (2007). *Estudios sobre la Familia de problemas Aritmético-Algebraicos*. Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Matemáticas. Universidad de Valencia.

- CHI, M.T.H., FELTOVICH, P.J. y GLASER, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, pp. 121-152.
- FORBUS, K.D., GENTNER, D. y LAW, K. (1995). MAC/FAC: A model of similarity-based retrieval. *Cognitive Science*, 19, pp. 141-205.
- FREUDENTHAL, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Dordrecht, Holland: Reidel Publishing Company.
- FRIEGE, G. y LIND, G. (2006). Types and qualities of knowledge and their relation to problem solving in physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, pp. 437-465.
- GENTNER, D. (1983). Structure-mapping. A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, pp. 155-170.
- GICK, M.L. y HOLYOAK, K.J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, pp. 1-38.
- GOLDSTONE, R. L. y SAKAMOTO, Y. (2003). The Transfer of Abstract Principles Governing Complex Adaptive Systems. *Cognitive Psychology*, 46, pp. 414-466.
- GREENO, J.G. (1989). Situations, Mental Models, and Generative Knowledge. En D. Klahr y K. Kotovsky (eds.). *Complex Information Processing: The Impact of Herbert Simon*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 285-318.
- HESSE, M.B. (1966). *Models and analogies in science*. Notre Dame, IN: Notre Dame University Press.
- HOLYOAK, K.J. (1984). Analogical thinking and human intelligence. In R.J. Sternberg (ed.). *Advances in the psychology of human intelligence*. Vol. 2. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 199-230.
- HOLYOAK, K.J. y KOH, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15(4), pp. 332-340.
- HUMMEL, J.E. y HOLYOAK, K.J. (1997). Distributed representations of structure: A theory of analogical access and mapping. *Psychological Review*, 104, pp. 427-466.
- JONASSEN, D.H. (2000). Toward a Design Theory of Problem Solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), pp. 63-85.
- JONASSEN, D.H. (2003). Using cognitive tools to represent problems. *Journal of Research on Technology in Education*, 35(3), pp. 362-381.
- KINTSCH, W. (1998). *Comprehension: a paradigm for cognition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- KINTSCH, W. y van DIJK, T.A. (1978). Toward a model of discourse comprehension and production. *Psychological Review*, 85, pp. 363-394.
- KINTSCH, W. y GREENO, J. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, 92(1), pp. 109-129.
- LOBATO, J.E. (2003). How Design Experiments Can Inform a Rethinking of Transfer and ViceVersa. *Educational Researcher*, 32(1), pp. 17-20.
- NEWELL, A. y SIMON, H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- NOVICK, L. (1988). Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, pp. 510-520.
- OLIVA, J.M. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3), artículo 7. Retrieved July 1, 2007, Disponible en línea en: <www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART7_VOL3_N3.pdf>.
- REBELLO, N.S.; CUI, L.; BENNET, A.G.; ZOLLMAN, D.A. y OZIMEK, D.J. (2007). Transfer of learning in problem solving in the context of mathematics and physics. En D. Jonassen (ed.). *Learning to solve complex scientific problems*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Earlbaum.

- REED, S.K. (1987). A structure-mapping model for word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, pp. 124-139
- REED, S.K., Dempster, A. y Ettinger, M. (1985). Usefulness of analogous solutions for solving algebra word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 11, pp. 106-125.
- REEVES, L.M. y WEISBERG, R.W. (1994). The role of content and abstract information in analogical transfer. *Psychological Bulletin*, 115, pp. 381-400.
- SANJOSÉ, V., SOLAZ-PORTOLÉS, J.J. y VALENZUELA, T. (2009). Transferencia inter-dominios en resolución de problemas: una propuesta instruccional basada en el proceso de «traducción algebraica». *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), pp. 169-184.
- SANTACRUZ, L. (2005). *Automatización de los procesos para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje*. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Telemática. Universidad Carlos III de Madrid.
- SCHROEDER, T. y LESTER, F. (1989). Developing understanding in mathematics via problem solving. En P. Trafton y A. Shulte (eds). *New directions for elementary school mathematics (1989 Yearbook)*. Reston, VA, NCTM.
- SOLAZ-PORTOLÉS, J.J. y SANJOSÉ V. Types de knowledge and their relations to problem solving in science: directions for practice. *Sísifo. Educational Sciences Journal*, 6, pp. 105-112.
- TSAPARLIS, G. y ANGELOPOULOS, V. (2000). A model of problem solving: Its operation, validity, and usefulness in the case of organic-synthesis problems. *Science Education*, 84(2), pp. 131-153.
- TVERSKY, A. (1977). Features of similarity. *Psychological Review*, 84, pp. 327-352.
- VAN DOOREN, W., DE BOCK, D. y VERSCHAFFEL, L. (2006). La búsqueda de las raíces de la ilusión de Linealidad. [Monografía IX]. *INDIVISA. Boletín de Estudios e Investigación*, pp. 115-138 (Hay una versión precedente del 2003 en *Educational Studies in Mathematics*, 53, pp. 113-118).
- WILEY, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. En D. A. Wiley (2000). *The Instructional Use of Learning Objects*, Version Online. Recuperado el 23 de 01 de 2012: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>.
- WITKIN, H.A., MOORE, C.A., GOODENOUGH, D.R. y COX, P.W. (1977). Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research*, 47, pp. 1-64.

ANEXO

Problemas de «alta familiaridad»

Fuente

Dos vecinos poseen idénticas piscinas. La primera piscina se está llenando a razón de 25 l/min. y la segunda comienza a llenarse a razón de 30 l/min. La segunda piscina comienza a llenarse cuando la primera contenía 1000 l de agua. ¿Cuánto tiempo pasará hasta que ambas piscinas tengan la misma cantidad de agua?

Isomorfo

Dos amigos tienen huchas de ahorro iguales. La cantidad en la primera hucha aumenta 10 euros/semana y la cantidad en la segunda aumenta 15 euros/semana. El segundo amigo comienza a meter dinero en su hucha cuando el primero tenía 100 euros en su hucha. ¿Cuánto tiempo pasará hasta que ambas huchas contengan el mismo dinero?

Similar

Dos vecinos poseen idénticas piscinas. La primera piscina se está vaciando a razón de 20 l/min. y la segunda comienza a llenarse a razón de 40 l/min. La segunda piscina comienza a llenarse cuando la primera contenía 6000 l de agua. ¿Cuánto tiempo pasará hasta que ambas piscinas tengan la misma cantidad de agua?

Diferente

Dos amigos tienen huchas de ahorro iguales. La cantidad en primera hucha disminuye 10 euros/semana y la cantidad en la segunda aumenta 15 euros/semana. El segundo amigo comienza a meter dinero en su hucha cuando el primero tenía 800 euros en su hucha. ¿Cuánto tiempo pasará hasta que ambas huchas contengan el mismo dinero?

Equivalente

Se quiere llenar dos depósitos industriales de leche. Para llenar el primero se usa una bomba que introduce 50 l/min. de leche y para llenar el segundo se usa una bomba de 75 l/min. El segundo depósito comienza a llenarse cuando el primero contiene ya 1500 l de leche. ¿En qué momento tendrá el segundo depósito más leche que el primero?

Problemas de «baja familiaridad»

Fuente

Dos varillas metálicas A y B se ponen a calentar a la vez en fuegos iguales. La varilla A se va alargando a razón de 25 mm/kilocaloría y la varilla B se alarga a razón de 30 mm/kilocaloría. Inicialmente la varilla A mide 1000 mm más que la B. ¿Qué cantidad de calor habrán recibido del fuego cuando tengan la misma longitud?

Isomorfo

Dos cuerpos A y B se calientan aportando calor con idénticas llamas. Calentamos primero el cuerpo A y observamos que su temperatura aumenta a razón de 1,0 °C/kilocaloría. Cuando se han transferido 100 kilocalorías al primer cuerpo, empezamos a calentar el segundo cuerpo y observamos que su tem-

peratura aumenta a razón de $1,5\text{ }^{\circ}\text{C/kilocaloría}$. ¿Qué cantidad de calor se habrá transferido al cuerpo B cuando ambos cuerpos tengan la misma temperatura?

Similar

Se quiere igualar la longitud de dos varillas A y B del mismo metal. Inicialmente, la varilla A mide 6000 micras más que la varilla B. Se dispone de un dispositivo térmico que extrae calor de la varilla A y lo cede a la varilla B. La varilla A se contrae a razón de $20\text{ micras/kilocaloría}$ y la varilla B se dilata a razón de $40\text{ micras/kilocaloría}$. ¿Qué cantidad de calor se habrá transferido de la varilla A a la B cuando tengan la misma longitud? Nota: ($1\text{ micra} = 10^{-6}\text{ metros}$)

Diferente

Dos cuerpos A y B a distinta temperatura se ponen en contacto. Inicialmente, el cuerpo A tiene $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ más que el B. La cantidad de calor que pierde A es la misma que gana B. El cuerpo A baja su temperatura a razón de $10\text{ }^{\circ}\text{C/kilocaloría}$ y el cuerpo B aumenta su temperatura a razón de $15\text{ }^{\circ}\text{C/kilocaloría}$. ¿Qué cantidad de calor se habrá transferido de A a B cuando ambos cuerpos tengan la misma temperatura?

Equivalente

Dos amigos poseen dos cables, uno de cobre y otro de aluminio. Calentamos los dos cables simultáneamente en fuegos iguales, incrementándose su longitud. El hilo de cobre varía su longitud a razón de $50\text{ micras/kilocaloría}$ y el de aluminio lo hace a razón de $75\text{ micras/kilocaloría}$. Inicialmente la longitud del hilo de cobre es 1500 micras mayor que la del hilo de aluminio. ¿Qué cantidad de calor habrán recibido del fuego cuando tengan la misma longitud? Nota: ($1\text{ micra} = 10^{-6}\text{ metros}$)

EFFECTS FROM SURFACE AND STRUCTURAL SIMILARITY IN ANALOGICAL TRANSFER IN HIGH AND LOW FAMILIARITY PROBLEMS: FIRST RESULTS

Carlos B. Gómez

Didáctica de las Ciencias Experimentales, Florida Universitaria

Joan Josep Solaz-Portolés

Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat de València

joan.solaz@uv.es

Vicente Sanjosé

Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat de València

In a typical problem-solving instruction, teachers solve a set of example problems ('source problems') involving basic principles, laws or theorems and then they propose analogous problems ('target problems') to be solved by students. Thus, most of these target problems can be solved by analogical transfer. According to Gentner theory (1983), transfer starts with the construction of an analogy between the target and the source problems. In this work we studied 10th-year students' success in science and mathematics problem solving based on the establishment of analogies between example problems. We studied word problems involving two linear equations. These problems are very common in Secondary subject matters of mathematics, physics and chemistry.

'Surface' and 'Structure' have been defined as essential components in word problems (Holyoak, 1984). 'Surface' describes the problematic situation in the real-world context and refers to the concrete objects and facts in non-abstract terms. In problems of algebraic nature, 'Structure' is determined basically by "how the quantities are related to each other rather by what the quantities are" (Novick, 1988, p. 511). In the algebraic problems considered here the equations summarize the relations among the quantities. Therefore, the analogy between problems can be constructed in terms of their superficial similarity and/or their structural similarity (Reed, 1987).

Additionally, we analyzed the effect that the students' familiarity with the subject matter (or context) of the problems had on the analogies between source and target problems. Obviously, 'Familiarity' is related to the Surface but not to the Structure component of our problems. We considered two levels for the Familiarity factor: in the high Familiarity condition, the statements of the problems included daily life situations and objects. In the low Familiarity condition, the statements of the problems implied science phenomena which were not yet studied by the participants. We elaborated two versions for each of the source and target problems, according to the low and high Familiarity conditions. A couple of low/high Familiarity problems differed only in the objects and situations mentioned in their statements, but not in their Structures.

Students were placed at random in the low or in the high Familiarity condition. In each Familiarity conditions, we delivered a booklet to each participant containing the instructions and five problems (all of them in the same Familiarity level): one 'source' problem, full solved and explained, and four 'target' problems to be solved. Each of the target problems had a particular relationship with the source problem, according to the following Table:

Table 1.
Relationship between problems according to their structural and surface similarity or difference.

		Surface	
		Same	Different
Structure	Same	Equivalents	Isomorphs
	Different	Similar	Different

We performed different 2X2X2 mixed ANOVA to contrast the effects on the success solving the target problems, from the within-subjects factors (equal/different Surface X equal/different Structure) and from the between-subject factor (high/low Familiarity). The main effect of the Structure factor was significant ($F(1,27) = 9,83$; $p = ,004$) but the Surface factor was not significant ($p > ,05$). More interesting was the significant Surface X Structure interaction effect ($F(1,27) = 13,33$; $p = ,001$) pointing out that the 'Similar' problem obtained the lowest success in the students' determination of the correct equations to solve it. This result suggests that structural differences between problems could be hidden by surface similarities. This effect was found by Chi *et al.* (1981) in novice subjects when they classified problems by its statements and not by their science structure.

The 'Familiarity' factor did not reach significance, probably due to the limited sample size. Nevertheless, students in the low Familiarity condition obtained a systematic lower success in the four target problems than students in the high Familiarity condition. Thus, this effect has to be investigated in future studies.

Structural analogies between problems are not as evident as some teachers consider (Oliva, 2004). Surface analogies are easier to construct than the structural ones. Novice students would be concerned by the first ones and to devote cognitive resources to them. Some people are not 'field independent' (Witkin *et al.*, 1977; Tsapalis & Angelopoulos, 2000) and so they could find difficulties to keep apart surface, irrelevant features and to focus on important, structural ones. It seems important to increase efforts teaching students to abstract problem-schemata in which only crucial features are preserved.

Results also suggested that people need to elaborate mental model of the situation in the ordinary world before constructing the scientific mental model for this situation. Thus, a low familiarity with objects or situations can impede problem solving success.

